



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

**ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY**

INSTITUTE OF AUTOMATION AND COMPUTER SCIENCE

**VÝZNAM AUTOMATIZACE PRO INOVACI  
STROJÍRENSKÝCH PROVOZŮ**

SENSE OF AUTOMATION FOR MECHANICAL PRODUCT PROCESSES

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

Barbora Jevická

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

doc. Ing. Branislav Lacko, CSc.

BRNO 2018



# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automatizace a informatiky  
Studentka: **Barbora Jevická**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Základy strojního inženýrství  
Vedoucí práce: **doc. Ing. Branislav Lacko, CSc.**  
Akademický rok: 2017/18

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## Význam automatizace pro inovaci strojírenských provozů

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Ukažte na příkladě automatizace vybraného strojírenského výrobního procesu význam automatizace pro inovaci výrobních strojů.

### Cíle bakalářské práce:

Popište stávající stav vybraného výrobního procesu se současným stroji.

Sestavte seznam příkladů, jak automatizace použitých strojů umožnila inovovat výrobní proces a dosáhnout různých přínosů ve výrobě.

Analyzujte a navrhnete možnosti využití konceptu INDUSTRY 4.0 pro budoucí období.

### Seznam doporučené literatury:

BALÁTEŘ, J. Automatické řízení. BEN 2003 Praha.

ŠVARC, I., ŠEDA, M., VÍTEČKOVÁ, M.: Automatické řízení. CERM 2007 Brno.

JÁČ a kol.: Inovace v malém a středním podnikání. Computer Press 2005 Brno.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

---

doc. Ing. Radomil Matoušek, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá tím, jaký význam má automatizace z hlediska inovace výrobních procesů. Na příkladech strojů se popisuje současný stav průběhu konkrétního výrobního procesu určité výrobní firmy. Cílem je zdůraznit vliv automatizovaných prvků stroje na průběh výrobního procesu. Poukazuje se na inovace výrobního procesu a na jeho dosáhnuté přínosy. Zároveň se navrhuje další zlepšující kroky, které postupně vytvářejí výrobní společnost na úroveň Industry 4.0. Analyzují se tak možnosti využití tohoto konceptu budoucnosti a jeho prvků.

## **ABSTRACT**

The Bachelor's thesis deals with the sense of automation in terms of innovation of production processes. The machine examples describe the current situation of a particular manufacturing process of a particular manufacturing company. The aim is to emphasize the influence of automated machine on the course of the production process. It points to the innovation of the production process and its benefits. At the same time, further improvement steps are being proposed that gradually move the manufacturing company to Industry 4.0 level. This analyzes the possibilities of using this concept of the future and its elements.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Průmysl 4.0, automatizace strojů, neustálé zlepšování, návrh design procesu, autonomní výroba

## **KEYWORDS**

Industry 4.0, automation of machines, constant improvement, process design, autonomous production



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

JEVICKÁ, B. *Význam automatizace pro inovaci strojírenských provozů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. **43 s.** Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Branislav Lacko, CSc.





## **PODĚKOVÁNÍ**

Ráda bych chtěla poděkovat svému vedoucímu práce doc. Ing. Branislavu Lackovi, CSc. za jeho ochotu, cenné rady, připomínky a čas při vytváření závěrečné práce.



## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Branislav Lacko, CSc. a s použitím literatury uvedené v seznamu literatury.

V Brně dne 21. 5. 2018

.....

Jevická Barbora



# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD.....</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>VYUŽITÍ INDUSTRY 4.0 .....</b>	<b>17</b>
2.1	Vymezení pojmu INDUSTRY 4.0 .....	17
2.2	Zavedení a využití konceptu Industry 4.0 .....	17
2.2.1	Analýza velkých dat (Big Data) .....	18
2.2.2	Autonomní roboti .....	19
2.2.3	Datová cloudová uložení.....	20
2.2.4	Aditivní výroba.....	20
2.2.5	Rozšířená realita .....	21
2.2.6	Senzory .....	21
2.2.7	Autonomní droni.....	22
<b>3</b>	<b>AUTOMATIZACE VÝROBNÍHO PROCESU.....</b>	<b>25</b>
3.1	Vymezení pojmu automatizace .....	25
3.2	Zvolená výrobní společnost.....	26
3.3	Výrobní proces ve vybrané firmě .....	27
3.4	Výrobní stroje ve vybrané firmě.....	27
3.4.1	Kloubový pneumatický stroj .....	27
3.4.2	Karuselový pneumatický stroj .....	29
3.4.3	Excentrický lisovací stroj .....	31
3.4.4	Hydraulický vstřikovací stroj .....	33
3.5	Důvody zavádění a dopady automatizace.....	37
<b>4</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>39</b>
<b>5</b>	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>41</b>
<b>6</b>	<b>SEZNAM ZKRATEK .....</b>	<b>43</b>



# 1 ÚVOD

S rychlým technologickým vývojem a nástupem čtvrté průmyslové revoluce vzniká tlak na střední a malé podniky. Pro zvýšení konkurenceschopnosti, na domácí půdě i ve světě, se v [1] zdůrazňuje význam inovací a upozorňuje na chyby strategického řízení. Mezi další důvody patří zvýšení efektivity výroby, zvyšující se poptávka a kvalita výrobků. Začátek analýzy, plánování a integrace patří mezi klíčové kroky, protože se musí promyslet vhodnost a účelovost inovací. Proto se výrobním podnikům doporučuje zvolit si zkušeného integrátora. Nicméně, největším problémem je peněžní situace, investice do vývoje a tedy okamžitá integrace automatizovaných strojů. Proto střední a menší podniky většinou volí postupnou investici do automatizace a robotizace a to s ohledem na účelovost a využití. V současnosti se ve výrobních firmách hojně využívá společné spolupráce člověka a autonomního robota. Avšak vize je taková, že vzniknou plně automatizovaná pracoviště, která budou navzájem propojená. Pro splnění této představy firmy musí, kromě peněžního a investičního hlediska, provést kompromisy pro zajištění hladkého chodu stroje bez lidského zásahu. Musí se přemýšlet například nad zajištěním pracovního prostoru, případně nad změnou polohy strojů. Zasahují do toho však další vlivy, které je potřeba promyslet v rámci procesu neustálého zlepšování, a proto je postupné řešení situace lepší, levnější a dostupnější i pro menší podniky.

Obecným předmětem zájmu této práce jsou důvody a vlivy zavádění automatizace do výrobní linky. Záměrem je popsat stávající stav vybraného výrobního procesu konkrétní firmy. Popis se soustředí na konkrétní výrobní stroje, kde se zároveň zdůrazňují vlivy automatizace. Z toho vyplývají inovace strojů, strojírenských výrobků a přínosy ve výrobním procesu. Řeší se také možnosti zjednodušující výrobu a s tím i vznikající problémy. Mimo další příčiny zavádění, jako je kvalita výrobků, jejich výroba většího množství za co nejkratší čas a efektivita výroby, se do popisu také zahrnuje obecná bezpečnost či údržba stroje.

Všechny tyto aspekty pojí tzv. koncept Industry 4.0, který také zaujímá svoji část v bakalářské práci. Popis se zaměřuje na budoucí využití Industry 4.0 a jeho částí v konkrétní výrobní firmě a obecně. Tento projekt budoucnosti podporuje představu o vzniku plně automatizovaných linek a dalších inovací v rámci neustálého zlepšování jako například propojený výrobní systém, způsob komunikace mezi stroji prostřednictvím sítě, digitalizace a mobilní zařízení. Díky tomu může postupně vznikat tzv. digitální továrna, která propojuje pracovníky firmy se stroji a podporuje autonomní komunikaci. Stroje, které mezi sebou komunikují, většinou pracují se souborem dat, jejichž uložení je často digitální. Nicméně, přístup k datům je velice citlivé téma z hlediska bezpečnosti a rizika úniku know-how. Řeší se také metodika integrace tohoto konceptu s ohledem na náklady firmy a účelovost. Koncept umožňuje vytvořit rychlejší a provázanější systém výroby, který uspokojí zákazníky. Cílem je vytvořit „kyberfyzikální systém“ řídicí technologické a podnikové procesy.

V současné době je zavádění automatizace, robotizace a umělé inteligence důležitým tématem nejen ve výrobních firmách, ale jedná se o otázku i každodenního života. V [2] se vyzdvihuje důležitost automatického řízení a zabývá se jeho problematikou z hlediska praxe i teorie. Jelikož se jedná o aktuální i budoucí oblast řešení, má tedy význam tomu věnovat pozornost. Dokazuje to i fakt, že se touto tematikou zabývá řada odborníků, kteří vydávají mnoho recenzovaných článků a jiné odborné literatury. Proto se v bakalářské práci řeší tato problematika, její přínosy a další budoucí fungování v konkrétním výrobním podniku. Mapuje se tak nezadržitelný vývoj, ve kterém se dříve nepředstavitelná budoucnost čím dál rychleji blíží nyní přítomné realitě.



## 2 VYUŽITÍ INDUSTRY 4.0

### 2.1 Vymezení pojmu INDUSTRY 4.0

Vývoj je neustále probíhající součástí života naší lidské společnosti. I když k němu docházelo téměř v každém století, ať už v oblasti technologií, vědy či společnosti, největší pozornosti se mu dostalo ve 20. a 21. století. Hlavním symbolem první průmyslové revoluce je parní stroj a s tím související využití nové formy energie, především vody a páry. Ta druhá je spojována s elektřinou a jejím použitím v průmyslové výrobě. Následně třetí vzniká s nástupem automatizace a informačních technologií. Čtvrtá průmyslová revoluce se vyznačuje transformací výroby ze samotných automatizovaných jednotek na plně automatizovanou. V podstatě navazuje na předchozí vlnu a získává název „Industry 4.0“, u nás Průmysl 4.0.[3,4]

Myšlenka Průmyslu 4.0 spočívá v propojení výrobních zařízení. Vzniká jako reakce na změny požadavků podniků, jejichž výrobní proces vyžaduje efektivnější produktivitu a větší rozmanitost produktů. Zároveň reaguje na zvyšující se poptávku možnosti přizpůsobit proces požadavkům zákazníka. Díky Industry 4.0 mohou podniky rozvíjet a udržet si svoji konkurenceschopnost, zabezpečit sebe a svá data.[5] Má také potenciál zvýšit úroveň celosvětového příjmu a zlepšit kvalitu života lidí po celém světě.[6] Proto je důležité zaměřit se, na co nejrychlejší integraci tohoto konceptu.

IT sítě tak vytváří propojený výrobní systém, díky čemuž vzniká tzv. „digitální továrna“ neboli „smart factory“. Je to založeno na novém způsobu komunikace prostřednictvím internetu, cloudu a mobilních zařízení respektive tabletu. V digitální továrně jsou „inteligentní“ zařízení schopná komunikovat se stroji a pracovníky firmy. Jakmile dostanou přístup k datům, jsou schopni se rozhodovat automaticky.[7] Cílem je vytvoření „kyberfyzikálního systému“ založeného na kombinaci digitálních informací a fyzických objektů.[5]

Vzrůstající vliv automatizace, robotizace, digitalizace a umělé inteligence dopadá nejen na stroje, továrny a průmysl obecně, ale dotýká se také společnosti, ekonomiky a vzdělávacího systému.[3]

### 2.2 Zavedení a využití konceptu Industry 4.0

Zavádění robotizace a realizace konceptu Industry 4.0 vyžaduje hluboký víceletý integrační program.[8] Úvahy o úrovni budoucího rozsahu integrace v podmínkách řady českých výrobních podniků jsou stále na začátku. Sdílení dat mezi podniky, jeden z předpokladů pro vytvoření integrovaných modelů, se v českém průmyslu využívá zatím omezeně.[4] Podporuje to i fakt, že se v ČR vyskytuje nejvíce malých a středních firem, u kterých je zavádění Industry 4.0 problematické, především z hlediska zdrojů.

Existuje mnoho strategií, jak uvést tento koncept do pohybu. Avšak každá z nich má svoje výhody a nevýhody. Koncept Industry 4.0 představuje revoluční krok. Proto se firma na jeho realizaci musí důkladně připravit. Nejprve výrobní společnost musí provést tzv. Opportunity Study, kdy se musí zvážit realizace konceptu i vzhledem k jejímu současnému stavu. Následně se vypracuje tzv. Feasibility Study, respektive studie proveditelnosti, jejímž hlavním úkolem je prokázání způsobilosti subjektu realizovat tento koncept. Subjekt v této fázi musí mít přesnou představu o postupu, průběhu integrace a popřípadě o výstupu realizovaného projektu. V další části se schválí studie a popřípadě se určí strategie.[9]

Postup, který je spíše vhodný pro větší a střední firmy se nazývá Strategie frontální realizace. Je charakteristická velkými investičními prostředky, které firma musí mít od začátku až do konce budování. Pro další uskutečnění je potřeba počítat s velkým objemem analytických, projektových a realizačních kapacit. Nicméně, je těžké udržet tento budovací proces pod kontrolou. Proto je důležité klást důraz na výběr zkušené firmy, která splní funkci systémového integrátora.[9]

O něco výhodnější je tzv. Strategie realizace postupných kroků. Myšlenka spočívá v postupné integraci konceptu Industry 4.0. Krok po kroku je snaha o aplikaci na jednotlivé firemní procesy či provozy. Mezi hlavní výhody této strategie patří postupné financování integrace a řízení rozhodování pro jednotlivé kroky. Toto řízení hlavně určuje, kde ve výrobě dříve uplatnit tuto strategii a jaký problém se má vyřešit dříve. Na druhou stranu nevýhodou je dlouhodobá integrace Industry 4.0. Nicméně aby se dosáhlo úspěchu, musí se dobře specifikovat finální vize, postup integrace, dílčí cíle a vymezení rozhraní mezi novou a již používanou technikou. Stejně jako v předchozím případě je velmi důležité si vybrat firmu, která by koordinovala systémovou integraci.[9] Při seznamování s postupem automatizace v analyzované firmě jsem došla k závěru, že používá právě strategii postupného zavádění automatizace výrobního procesu. V rámci tohoto postupu se zároveň zavádí tzv. buňky, které jsou pro malé firmy výhodnější. Hlavní výhodou jsou nižší vstupní náklady.[9] Zároveň jde o zavedení konceptu Industry 4.0 na vybrané pracoviště ve firmě.

I když zavádění s sebou přináší mnoho technicko-technologických, ekonomických a technicko-organizačních problémů, má to taky mnoho pozitivních přínosů pro firmu jako je zvýšení kvality, produktivity a efektivity výroby, snížení nákladů a vyšší konkurenceschopnosti.[8,9] To znamená, že Industry 4.0 nabývá na významu a cílem do budoucna je použití konceptu jako účinný prostředek zvyšování technického pokroku. Následně tedy popíší technologie, které tento koncept charakterizují.

### 2.2.1 Analýza velkých dat (Big Data)

Jsou to data pohybující se v rozsahu peta bytů a více, a která zároveň přesahují možnosti současných databázových technologií. Většinou se jedná o data obrazová, textová data z internetu, z různých čidel sledujících výrobní proces a logistiku výrobních závodů, data lékařská, bezpečnostní a obchodní, zdroje signálů a měření.[4]

Analýza a zpracování velkých dat slouží k optimalizaci vlastní výroby v průmyslu, optimalizaci a automatizaci provozu, souvisejících služeb a distribuce. V České republice je snaha o zapojení analýzy velkých dat pro inovaci z hlediska překonání výhod levné pracovní síly a levné masové produkce.[4]

V budoucnosti by se Big Data dala použít, v dosud nevyužité oblasti, v nových pomocných technologiích, které by nasměřovaly pracovníky při konkrétním výrobním procesu. Dále by se v ČR daly propojit konkrétní výrobní kroky s obchodními procesy tak, jak to již funguje ve světě. To však na druhou stranu souvisí se zabezpečením duševního vlastnictví a informační bezpečnosti.[4]

Analýza dat si našla své místo v průmyslu i z hlediska propojení s IoT (Internet věcí). Zde se dá využít komparativních výhod českých technologických týmů. Cílem je vytvoření obchodních modelů, jejichž funkce bude inovativní – využití zdrojů dat, datových služeb. Hlavní roli zde bude hrát přenos dat.[4]

### **2.2.2 Autonomní roboti**

Tento typ robotů se do firem zavádí z různých důvodů, jako je například vyšší konkurenceschopnost na trhu tzn. pro zvýšení produktivity, kvality a úspory pracovních sil. V současné době se do firem nezavádí roboti, kteří by plnili univerzální funkci, ale spíše jsou zaměřeni na konkrétní výrobní proces a nerozhodují se autonomně. Nicméně, do budoucna se plánuje vývoj univerzálnějších robotů s vyšším podílem umělé inteligence. Což by, z ekonomického hlediska, znamenalo snížení nákladů a zvýšení přínosů při jejich nasazení a využití.[4]

Cílí se na zjednodušení zavádění robotů. Jeden z požadavků při zavádění autonomních robotů do výroby je univerzálnost. Ta je spojená s jednoduchou programovatelností a rychlou implementací do provozu. Rychlá „reakce“ na vznikající se změny jako je například měnící se poptávka na výrobky nebo požadavky odběratelů/zákazníků, je hlavní charakteristikou novodobých robotických zařízení.[4]

Do budoucna to představuje následně zánik některých profesí a umožnění realizace nových požadavků na robotizaci. Reakce na akci robotizace bude také vznik nových pracovních míst, u kterých bude vyžadováno vzdělávání pracovníků a specialistů. Z hlediska technologické inovace může vzniknout platforma, která by spojovala roboty a prostředky pro jejich programování, testování a zařazení do výrobních procesů. Další takovou vizí je propojení autonomních robotů s cloudovými uložišti. Přínosem je především vzdálená administrace, diagnostika a oprava chyb, aktualizace programu a rychlost sdílení dat. Musely by se však zajistit rizika spojené s problematikou sdílení dat, jako je například stabilita sítě, rychlost přenosu a zabezpečení, které by mělo předejít průmyslové špionáži mezi konkurenčními firmami.[4]

S příchodem tzv. kooperativních robotů, respektive „cobotů“, se používaly bezpečnostní klece, které chránily pracovníky před úrazy od robotických soustav. Stojí také za vznikem nových firem a dalších pracovních míst. Mezi bezpečnostní funkce robotů, díky kterým se člověk může pohybovat v jejich těsné blízkosti, patří schopnost se zastavit, pokud dojde ke střetu robota s člověkem. K tomu dochází díky zabudovaným senzo-

rům v jejich kloubech. Mimochodem, bezpečnostní prvky mají již svoji normativní oporu ISO/TS 15066. Mezi příklady „cobotů“ s bezpečnostními prvky patří roboti od firmy Kinova Robotics, kteří dokáží pracovat v přímém kontaktu s lidmi. Používají se například pro pomoc lidem s postižením. Mezi další bezpečnostní prvky se řadí navazování očního kontaktu u robota Sawyer nebo Rethink Robotics.[10]

### 2.2.3 Datová cloudová uložště

Jedná se o oddělená datová centra poskytující služby o vyšší dostupnosti po celém světě. S takovým typem sdílení rostou požadavky na jejich rychlé a bezpečné zpracování. Díky cloudu se postupně zvyšuje produktivita, ale dochází i k optimalizaci nákladů na IT.[4]

Jelikož se jedná o nový způsob přenosu citlivých informací např. ve výrobě, toto téma se také dotýká otázky bezpečnosti přenášených dat, procesů a IT služeb. S tím souvisí i tzv. kybernetická bezpečnost, jejímž cílem je ochrana informací před takovými hrozbami jako např. nežádoucím zveřejněním, krádeží, poškozením či manipulací s daty neoprávněnou osobou. Proto se více musí dbát na bezpečnou a spolehlivou komunikaci a přístupové oprávnění strojů i uživatelů.[4]

Do budoucna by se měla vytvořit i dokonalejší legislativa, která může být odlišná v různých geografických oblastech, což ovlivňuje zacházení s daty. To by například uživatelům umožňovalo ukládat na cloudových službách a zpracovávat citlivá data. Dále by se měl klást důraz na systém certifikací cloudových služeb. Na území ČR je pár certifikovaných datových center. Díky této certifikaci je možnost si ověřit schopnost poskytovatelů dodržet parametry datových center a poskytovaných služeb.[4]

Dále se také předpokládá rozvoj datových a cloudových služeb z hlediska kapacity, nabízené funkčnosti, rychlosti a kvality služeb. Cloud bude stále využíván např. průmyslovými podniky, propojí se s autonomními zařízeními – IoT. Vzroste potřeba zpracovávat data na dálku, z jakéhokoliv místa. Vzniknou také oborově založené cloudy, jejichž přínos bude spočívat ve spojení skupin či jednotlivců. Bude se to také týkat např. výrobce, dodavatele či zákazníka. Je také potřeba zkvalitnit výuku a zvýšit počet specialistů a odborníků, kteří budou schopni se pohybovat v této oblasti a zároveň přinášet další nové poznatky. Dále bude růst význam bezpečnosti, zavedení legislativy a zlepšení systému certifikací.[4]

### 2.2.4 Aditivní výroba

Někdy se pro tento název používá termín 3D tisk. Jedná se o proces, kdy se prostřednictvím daného zařízení vytváří 3D objekty z daného materiálu. Předpokladem výroby součástí tímto způsobem je vypracování programové předlohy respektive 3D digitálních dat. Jako materiál vyrobených součástí se nejčastěji používají polymery, ale dají se použít i kovy nebo keramika. Výhodou této technologie je výroba složitých tvarů, příprava výroby za krátký čas a tím rychlé uvedení výrobku na trh. Snižují se tím také náklady na vývoj a na jeho zrychlení. Aditivní výroba se tak stává jednou z důležitých a efektivních částí přizpůsobování požadavkům zákazníka.[4,7]

Zařízení při aditivní výrobě jsou již napojena na internet a začíná se vytvářet tzv. Internet of Things. Toto spojení umožňuje automatickou distribuci výrobních dat. Z hlediska kompatibility se musí eliminovat současné formáty a nahradit je novými přenosovými formáty. Tento formát by v budoucnu měl umožnit načítání různými 3D tiskárnami a výrobními platformami. Z materiálového hlediska může dojít k rozsáhlejšímu využití kovů, jako tomu je již u vyspělejších evropských států. Cílem je propojení napříč všech agend od internetového propojení, propojení logistiky, automatizace výroby a vznik prediktivních systémů. Díky tomu, že tato technologie je schopná vyrábět tvarově složité výrobky, je možné výrobky přizpůsobit specifickým požadavkům zákazníka.[4]

Jelikož je výroba realizována postupným přidáváním materiálu, lze tak odhadnout přesné množství materiálu a výrobních prostředků. Dále se tím koordinuje i skladové hospodářství a v neposlední řadě i řízení zakázek.[4]

### 2.2.5 Rozšířená realita

Hlavním znakem rozšířené reality je propojení fyzického a virtuálního světa. Jedná se hlavně o obohacování zrakových vjemů, ale spadají do toho i vjemy zvukové např. u navigačních systémů.[4]

V současné době rozšířená realita zatím nenašla v průmyslové oblasti své reálné uplatnění, používá se v testových případech. Nicméně, cílem v blízké budoucnosti je integrace a rozšíření tohoto konceptu, urychlení okamžitého toku informačních dat z cloudových systémů rovnou k uživateli. Dalším předpokladem pro vývoj může být zefektivnění průmyslových procesů, kde hraje roli lidský zásah tzv. ne-robotická práce. Z konstrukčního hlediska se budou upřednostňovat brýle před ostatními návrhy. Z toho důvodu se výroba tzv. inteligentních čoček stává slibnou volbou pro budoucnost. Cílem je, co nejmenší omezení uživatelů při použití zařízení pro rozšířenou realitu. Tento koncept s sebou neponese žádné požadavky na vzdělávání uživatelů.[4]

Na druhou stranu, Augmented Reality (AR), jak se tomuto konceptu někdy přezdívá, v současné době nachází využití v různých oblastech. Týká se to zábavy a reklamy – vizualizace domů, nábytku, produktů (Ikea), hry apod., výuka – modely, vizualizace fyzikálních jevů a anatomie. Vzhledem k posunu výkonnosti mikroprocesorů a grafických čipů v posledních letech, se již k rozšířené realitě dají využívat zařízení, jako jsou osobní počítače, chytré mobilní telefony či tablety.[4]

### 2.2.6 Senzory

V současné době se senzory stávají nezbytnou součástí provázaných automatizačních systémů. Dochází ke vzniku konceptu inteligentního senzoru. Sensorika je obor, který se zabývá metodami měření a jejími nástroji a snímáním fyzikálních veličin. Zahrnujeme do toho také obrazové informace. Jedná se zkrátka o důležitou součást průmyslové automatizace.[4]

V dnešní době se postupně rozšiřuje nabídka tzv. Kooperativních robotů, kteří ve výrobním procesu úzce spolupracují s člověkem a mají v sobě zabudované senzory. To

znamená, že musí splňovat bezpečnostní funkci. „Cobot“ APAS od firmy Bosch má tzv. „senzorickou pokožku“, která způsobí zastavení systému při přiblížení člověka na pět centimetrů. Při oddálení se následně systém obnoví a robot může pracovat dál. Dá se také u něho nastavit zpomalený režim, pokud se v blízké vzdálenosti pohybuje člověk. Má v sobě vbudovaný 3D kamerový systém, který má za úkol rozpoznávat okolní objekty. Něco podobného představuje projekt AURA, jehož povrch je speciální a dokáže tak předvídat pohyby člověka nebo upravit dráhu svého pohybu, pokud hrozí nebezpečí střetu.[10]

Hlavním úkolem senzorů je interakce mezi člověkem a strojem. Nachází uplatnění v průmyslové oblasti a plní bezpečnostní funkci. Nicméně, tato zařízení musí projít inovativními procesy. Cílem bude dát automatizačním a robotickým průmyslovým systémům nová snímací, měřicí a zobrazovací zařízení. Vývojový proces bude spočívat ve vylepšení jejich přesnosti a dále bude směřovat k metodám prediktivní diagnostiky, údržby a bezpečnostním funkcím. Je to dáno hlavně úzkou spoluprací mezi člověkem a strojem.[4]

Nadále pokračuje výzkum této oblasti a již v současnosti existuje spolupráce mezi světovými výzkumnými organizacemi a firmami. Díky tomu se posouvá vpřed koncept Industry 4.0 i v České republice.[4]

### 2.2.7 Autonomní droni

V posledních letech probíhá v mnoha oblastech čím dál rychlejší urbanizace. Jejím výsledkem se zvyšuje znečištění, přetěžují se dopravní komunikace a snižuje se efektivita logistických služeb. Zvyšují se tak požadavky na služby, které poskytují online nakupování zahrnující i samotný dovoz.[11]

Použitím dronů lze předejít zmiňovaným problémům pomocí využití vzdušného prostoru. V doručovacích službách dokáže jejich využití poskytnout velké úlevy především pro vnitřní dopravní komunikace městských oblastí.[11]

Vzdušná doprava má několik výhod, které jsou využívány jak zákazníky, tak i obchodníky. Přínosem je snížení čekací doby a zavedení opatření pro balíky proti poškození během dopravy a manipulace. Nachází také využití ve skladech, kde se naskýtá příležitost flexibilního, dostupnějšího a autonomního úložného systému. Pomocí senzorů mohou být droni schopni sledovat a analyzovat nejen okolní prostředí, což umožňuje bezpečný pohyb uvnitř i vně budov, ale i cílové objekty, či osoby. Dále se vyřešila problematika dodávání do hůře přístupných oblastí. Obyvatelům těchto oblastí se poskytnou dodávky od objednávek online nákupů až po zdravotnické záchranné služby. Pomocí dronů se snažíme snižovat a případně nahradit stávající složité procesy dodávání. Služby vzdušné dopravy mohou využívat zákazníci i z dalších odvětví jako je marketing, nemovitosti, zemědělství, cestovní ruch, záležitosti týkající se životního prostředí, vojenské aplikace a jiné.[11]

V rámci systému a jeho neustálého zlepšování se vytvářejí návrhy pro sběr a analýzu dat. Shromážděná sensorová data mohou pomoci vést pracovní procesy a lépe jim porozumět a hlavně mohou být použity jako preventivní a prediktivní údržba a ope-

rační inteligence. Díky zavádění správce logistiky jsme schopni využívat dálkového snímání dronů.[11]

Návrh a vývoj se zaměřuje na design, výrobu a uvedení na trh tzv. dronů s dlouhým doletem, kteří jsou schopni přepravit zatížení až 8 kg na větší vzdálenosti, zpravidla 10 až 35 km, a jsou určeny pro komerční účely, či průmyslové využití. Tento typ dronů má vysoký potenciál a nachází využití v mnoha oblastech podnikání.[11]

V budoucnu to také může pro lidi znamenat změnu způsobu práce. Stanou-li se droni „digitálními pracovníky“ a budou-li nezbytnou součástí různých procesů, některé pracovní obory se mohou zúžit nebo dokonce zaniknout, jiné se však budou vytvářet. Navzdory těmto dopadům na společnost, nalezneme při analýze tohoto konceptu více pozitivních přínosů než těch negativních.[11]





## 3 AUTOMATIZACE VÝROBNÍHO PROCESU

### 3.1 Vymezení pojmu automatizace

Ve 21. století se automatizace uplatňuje v širokém spektru. Jako hlavní důvod je výroba, co největšího množství výrobků za co nejkratší čas. Stává se tedy neoddelitelnou součástí průmyslového odvětví. Uplatňuje se také i v jiných oblastech jako je dopravní, herní a zábavní průmysl. Nicméně, s ohledem na zadání bakalářské práce se budu zabývat využitím automatizace v průmyslové výrobě.

Pod pojmem automatizace se rozumí proces, který nahrazuje řídicí funkci člověka, činnosti různých přístrojů a zařízení. Snahou tohoto zavedení je osvobodit člověka od fyzické a opakující se činnosti a unavující činnosti duševní. Proces je následně vykonáván pomocí počítačů a automatů.[12] Úzce tedy souvisí se zaváděním robotizace do výroby a v širším úhlu pohledu také s konceptem Industry 4.0.

Automatizace v současné době představuje významný nástroj pro inovaci jak strojírenských výrobků, tak i strojírenských procesů. Základní definice inovací uvádí dokument OECD „Oslo Manual Innovation“, kde se inovací rozumí zavedení nového nebo významně zlepšeného produktu (výrobku nebo služby), výrobního procesu, nového marketingového přístupu nebo nové organizační metody v podnikových postupech, organizaci práce nebo externích vztazích.[13]

Hlavní dělení je na inovace technické a netechnické. Technické inovace jsou výrobkové a technolo-gické inovace sestávají ze zavedení nových výrobků a technologií a podstatného technické-ho zlepšení vyráběných výrobků a používaných technologií. Inovace se pokládá za realizovanou uplatněním nového nebo zlepšeného výrobku na trhu, nebo použitím nové či zlepšené výrobní technologie. Technická inovace zahrnuje soubor vědeckých, technických, organizačních, finančních a obchodních aktivit. Pod pojmem „výrobek“ se v „Oslo Manual“ rozumí jak zboží, tak služba (produkt) ale i výrobní proces. Netechnické inovace jsou zejména organizační a podnikatelské (manažerské) inovace (např. implementace pokrokových metod řízení [QTM, certifikace], zavedení významných změn organizační struktury, implementace nových nebo podstatných změn ve strategické orientaci společnosti či firmy), sociální inovace.[13]

Další rozdělení inovací vytvořil prof. Ing. František Valenta, CSc. Dle tab. 1 můžeme vidět rozdělení na základě vymezení řádů inovací výrobků.

Tab. 1: Klasifikace řádů inovací [14]

Řád inovace	Označení	Co se zachovává	Co se mění	Příklad
Mínus n	Degenerace	Nic	Úbytek vlastností	Opotřebení
0	Regenerace	objekt	Obnova vlastností	Údržba, opravy
<b>RACIONALIZACE</b>				
1	Změna kvanta	Všechny vlastnosti	Četnost faktorů	Další pracovní síly
2	Intenzita	Kvality a propojení	Rychlost operací	Zvýšený posun pásu
3	Reorganizace	Kvalitativní vlastnosti	Dělba činností	Přesuny operací
4	Kvalitativní adaptace	Kvalita pro uživatele	Vazba na jiné faktory	Technologické konstrukce
<b>KVALITATIVNÍ INOVACE</b>				
5	Varianty	Konstrukční řešení	Dílčí kvalita	Rychlejší stroj
6	Generace	Konstrukční koncepce	Konstrukční řešení	Stroj s elektronikou
7	Druh	Princip technologie	Konstrukční koncepce	Tryskový stav
8	Rod	Příslušnost ke kmeni	Princip technologie	Netkaná textilie
<b>TECHNOLOGICKÝ PŘEVRAZ - MIKROTECHNOLOGIE</b>				
9	Kmen	Nic	Přístup k přírodě	Genová manipulace

### 3.2 Zvolená výrobní společnost

Pro potřeby bakalářské práce jsem si vybrala výrobní společnost (dále jen „firma“), která se zabývá výrobou dekorativních interiérových i exteriérových dílů v oblasti automobilového průmyslu s více než 40 letou tradicí. Firma je součástí větší skupiny, jejíž vlastník se nachází ve Švédsku a v České republice byla vybudována před více než 15 lety z důvodu lepší lokalizace pro evropský trh a optimalizaci nákladů. Cílem vybrané firmy, jako dceřiné společnosti, je podpora celé skupiny z pohledu hlavního výrobního závodu pro zpracování hliníkových plechů, výrobu plastových komponentů, následnou finalizaci a expedici hotových výrobků. Největším podílem celkové produkce firmy je výroba hliníkových emblémů.

### 3.3 Výrobní proces ve vybrané firmě

Cesta k finálnímu výrobku začíná ve Švédsku, kde se kupované hliníkové plechy chemicky ošetřují a následně zde probíhá proces tisku. Hlavní výrobní procesy probíhají v České republice, kde probíhá masová sériová výroba. Mezi tyto výrobní procesy patří stříhání, lisování, lakování, montáž a inspekce. Pro prezentaci automatizace výroby jsem si vybrala proces lisování, neboť vykazuje největší známky zlepšování s cílem snížit riziko lidského faktoru, zvýšení produktivity, zlepšení kvality a snížení nákladů.

### 3.4 Výrobní stroje ve vybrané firmě

Výrobní proces lisování se provádí na několika strojích, které mají různé stupně automatizace. V této práci budu výrobní stroje členit od nejméně až po ty komplexně automatizované a na konkrétních případech poukážu na vliv automatizace na výrobní proces.

#### 3.4.1 Kloubový pneumatický stroj

Jedná se o malý kloubový pneumatický stolní lis sloužící pro běžné lisovací práce za studena. Pohon lisu je zabezpečen tlakovým vzduchem představující akumulovanou energii, která uvádí zařízení do pohybu.[15]

Jedná se o pracoviště, které není automatické. Je to svislý lisovací stroj, který se skládá z tvářecího beranu a zakládací misky, do které se vkládají polotovary. Průběh výrobního procesu udává operátor, který založí polotovar do misky a pomocí tlačítek uvede přístroj do pohybu. Ovládání lisu je provedeno jako dvouruční. Elektrický řídicí systém lisu ovládá pomocí signálů z tlačítek dvouručního spouštění pneumatický ventil přívodu tlakového vzduchu do pneumatického válce.[15] Nicméně, nejedná se o manuální operaci, protože si stroj výrobek vylisuje sám.

Jak můžeme vidět na obr. 1, stroj není možné spustit, pokud se nestisknou obě tlačítka dvouručního spouštění, kterými se beran uvede do pohybu. Takže stroj nelze uvést do pohybu při zakládání dílu do lisovací misky nástroje. Beran vykoná vždy pouze jeden zdvih nezávisle na tom, kdy budou tlačítka uvolněna a pro další zdvih je třeba tlačítka uvolnit a znovu stisknout. Bezpečnost operátora se dále zvyšuje použitím ručního pneumatického manipulátoru pro vyjmutí výlisku z pracovního prostoru beranu.



Obr. 1: Kloubový pneumatický stroj [Vlastní foto]

Stroj je obsluhován jedním operátorem. Tento člověk musí být pro použití stroje řádně vyškolen. Rychlost a tempo výrobního procesu závisí na operátorovi. Nicméně, navýšení počtu lidí by nevyřešilo obecné cíle firmy. Hlavní důvod je bezpečnost pracovníka, který se pohybuje v malém pracovním prostoru.

Údržbu vykonávají pracovníci, kteří splňují odborné vzdělání. Kontrola stroje by se měla vykonávat minimálně jedenkrát za směnu z důvodu bezpečnosti operátora. Jedná se o kontrolu funkčních částí nástroje či výměnu maziv a filtračních vložek. Stroj tedy není samoúdržbový a lidé k tomu určení musí zajistit bezpečný chod stroje.

Výhodou kloubového pneumatického stroje je jeho malý prostor. Na druhou stranu, tento stroj není automatický a musí se dbát na větší bezpečnost operátora. Mezi další nevýhody patří nižší produktivita a výroba nižšího počtu kusů.

Závěrem je, že celý proces lisování u tohoto stroje je závislý na lidském faktoru, nejsou zde zavedené žádné „kontrolory“ či automatizované prvky. S tím je úzce spojena produktivita, a tedy počet vyrobených kusů za směnu. Mezi další faktory ovlivňující tuto oblast je tedy pohyb stroje, rychlost a tempo výroby. Zároveň do toho vstupuje kvalita vyrobených kusů. Variabilita (shodné/neshodné výrobky), specificky u tohoto stroje, závisí také na tom, jak operátor vloží nevylišovaný kus do lisovací misky. Nicméně, toto je vyřešeno tvarem a vůlí tvarovací misky pro konkrétní lisovaný díl. Pro omezení lidského faktoru, variability a zvýšení produktivity tohoto stroje by se dalo uvažovat nad inovací v podobě automatického manipulátoru. Jedná se o první krok pro otevření možností k Industry 4.0. Tuto inovaci můžeme vidět na dalším stroji.

### 3.4.2 Karuselový pneumatický stroj

Jedná se o karuselový<sup>1</sup> pneumatický lis, který se používá pro lisovací práce bez zasahování do vlastního pracovního prostoru. Hlavní kostrou je pracovní stůl, ve kterém je umístěn karuselový lis. Tvářecí síla stroje je zabezpečena pomocí tlakového vzduchu. Standardně pod plochou pracovního stolu je umístěn vynášecí dopravní pás výlisků. Součástí hlavní kostry stolu jsou i pneumatické manipulátory.[16]

Jedná se o pracoviště, které je provedeno jako automatické. Dá se využít možnosti manuálního posunu v případě potřeby. Jak je vidět dle obr. 2, polotovary, určené k lisování, jsou obsluhou vkládány na karuselový stůl, na kterém je umístěno celkem šest raznic. Do vlastního pracovního prostoru raznice se dostanou rotačním pohybem karuselového stolu. Po provedení tvářecí operace a pootočení stolu, je výlisek odebrán pomocí pneumatického manipulátoru a následně přemístěn na dopravní pás. Výlisky z pásu jsou druhým operátorem skládány na plech a tím jsou připraveny na další výrobní operaci.



Obr. 2: Karuselový pneumatický stroj s karuselovým stolem [Vlastní foto]

Pro vylepšení funkčnosti stroje se zavádí další automatické prvky. Ty nahrazují zásahy lidské činnosti do výroby a tím vyloučí lidské chyby, urychlují výrobní proces a zvyšují počet vyrobených kusů. Proto vznikla vylepšená automatická verze karuselového pneumatického lisu, která obsahuje tyto inovační prvky. Hlavní rozdíl je v potřebném počtu operátorů. V rámci výrobního procesu je potřeba už jen jeden operátor, který

<sup>1</sup> Je to typ stroje, který má svislou (vertikální) osu a je určený pro lisování produktů.

při zahájení lisovacího procesu manuálně umístí polotovary do zásobníku, který následně umístí do prostoru stroje. Polotovary jsou dále při spuštění stroje vynášeny pneumatickým manipulátorem do pracovního prostoru raznice. Po provedení tvářecí operace odebírá pneumatický manipulátor výlisky z pracovního prostoru a přemísťuje je na vynášecí dopravní pás, jak můžeme vidět na obr. 3. Výlisky z pásu jsou operátorem skládány na plech a tím jsou připraveny na další výrobní operaci.

V porovnání s kloubovým pneumatickým strojem patří mezi hlavní rozdíly a výhody zavedené automatické prvky. Bezpečnost karuselového pneumatického stroje a jeho vylepšené automatické verze navyšuje opatření plastovými bezpečnostními kryty ohraničující pracovní prostor lisu, jak můžeme vidět na obr. 3. Stejně tak navyšuje úroveň bezpečnosti stroje opatření pneumatickými manipulátory pro zakládání a vykládání výrobků. Díky tomu se snižuje riziko úrazu a zvyšuje se bezpečnost, protože obsluha vůbec nezasahuje do pracovního prostoru lisu. V tomto pracovním prostoru se lisuje po jednom kusu, a proto na manipulátorech jsou jeden nebo dva sací otvory, aby došlo k nasátí výrobku. Takto nastavený chod stroje ovlivňuje produktivitu firmy a tedy počet vyrobených kusů. Nicméně, i když se tyto stroje považují za automatické, jsou potřeba jeden nebo dva operátoři pro zakládání polotovarů do rotačního stolu a pro jejich skládání na plech. Ovšem v tomto případě je počet operátorů dostačující právě proto, že lisovací cyklus u obou typů strojů probíhá po jednom kusu. Pro karuselové pneumatické stroje je ovšem, z hlediska prostoru, potřeba větší místo, což pro některé firmy může být problém a stává se z toho nevýhoda.



Obr. 3: Karuselový pneumatický stroj bez karuselového stolu [Vlastní foto]

Údržba je důležitá oblast, která nejenže ovlivňuje správný chod stroje, ale také výrobu dobrých kusů a tím i tzv. yield neboli výnos. Výnos je poměr počtu shodných kusů a počtu všech vyrobených kusů, jinými slovy se jedná o procentuální ukazatel



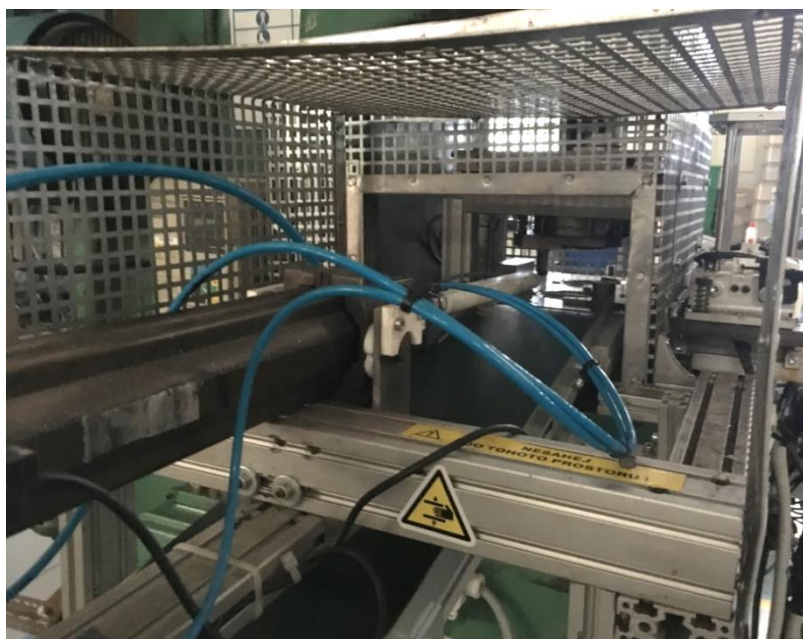
efektivitu výroby. Nicméně reflektuje kvalitu výrobků. Údržbu stroje vykonávají pracovníci k tomu určení.

Pro urychlení procesu a zlepšení produktivity firmy navrhuji zavedení automatizovaného ramene, které by se používalo k zakládání polotovarů do karuselového stroje, popřípadě zakládání zásobníků. Další úroveň inovace by mohlo být spojení pracovišť a propojení dvou nyní oddělených strojů stříhání a lisování a vytvoření jedné výrobní linky. Upravením materiálového toku ze stříhacího stroje a dále spojením dopravních pásů a automatického ramene, které by bylo řízeno například kamerovým systémem, by mohlo dojít k automatickému vyhodnocování a zakládání polotovarů do lisovacího stroje. Díky implementaci digitalizace, kontrolorů, například na kontrolu stavu počtu polotovarů v zásobníku, a kamerového naváděcího systému by došlo k synchronní spolupráci mezi stroji na výrobní lince. Vytvořilo by se tak propojené a autonomní pracoviště na úrovni Industry 4.0.

### 3.4.3 Excentrický lisovací stroj

Jedná se o excentrický lis, který je určen prakticky pro všechny běžné lisovací práce za studena, jako je vystřihování, děrování, ostřihování, ohýbání, rovnání, mělké tažení, ražení, protlačování, nýtování apod.[17]

Lis je upraven pro automatický provoz se spouštěním společně s pneumaticky ovládanými manipulátory. Pohon lisu je zabezpečen pomocí elektromotoru.[17] Stroj se skládá ze zásobníku, do kterého se vkládají polotovary určené ke zpracování. Pod tímto zásobníkem se nachází vynášecí dopravník, který dopraví nevylisované kusy do pracovního prostoru beranu. Beranem se lisují kusy na požadovaný tvar. Beran je zavěšený na ojnici pomocí kulového šroubu. Stroj je, jak můžeme vidět dle obr. 4, dále opatřen pneumatickými manipulátory a v neposlední řadě vynášecím dopravním pásem.



Obr. 4: Excentrický lisovací stroj [Vlastní foto]

Průběh výrobního procesu začíná tím, že operátor manuálně umístí kusy určené ke zpracování do zásobníku, který následně umístí do určeného prostoru stroje. Pomocí vynášecího dopravníku se polotovary dostanou do pracovního prostoru beranu, díky němuž dojde k vylišování na požadovaný tvar. Následně se zpracované kusy přemístí pneumatickým manipulátorem na vynášecí dopravní pás. Výlisky z pásu jsou operátorem skládány na plech a tím jsou připraveny na další výrobní operaci.

I když se může zdát, že se tento stroj neliší od těch předchozích, obsahuje o úroveň vyšší automatizační prvky. Mezi zlepšovací prvky stroje patří snímače, které jsou umístěny mezi zásobníky. Hlídkají zaplněnost zásobníků a v případě, že se sloupec kusů sníží pod úroveň snímačů, tak se stroj zastaví a objeví se světelný signál, který upozorní operátora. Nicméně, kusy se do zásobníků doplňují manuálně pracovníkem. Vynášecí dopravník zajišťuje správné zakládání polotovarů do zakládací misky, která je formovaná na požadovaný tvar výlisku, a zároveň je opatřena gumou, která zaručí správné založení polotovaru. Stejně jako u předchozího stroje, se výrobní proces neobejde bez bezpečnostních prvků. Díky pneumatickým manipulátorům, které pracují v těsné blízkosti beranu, operátor nemusí zasahovat do pracovního prostoru lisu během výroby. Zároveň tento pracovní prostor je viditelně ohraničen klecovým bezpečnostním krytem, a tak se předchází zdravotním úrazům. Mezi další výhody, oproti karuselovému pneumatickému stroji, je rychlost výroby a tím spojená otázka produktivity. V pracovním prostoru beranu se lisuje po dvou kusech a i pneumatický manipulátor se skládá ze dvou savek. To znamená, že se stihne vyrobít více kusů než u předchozího stroje, který lisuje po jednom kusu. Následně se výlisky dostanou dopravním pásem k operátorům, kteří sedí v dostatečné vzdálenosti od stroje. Aby se výrobní proces urychlil a udržel se krok se strojem, jsou potřeba minimálně dva operátoři na odlepování ochranné fólie a zakládání výlisků na plech, popřípadě jejich naložení na vozík pro pokračování výrobní operace.

Z hlediska údržby se provádí mazání vodících ploch beranu pomocí ručního mazacího přístroje. Vodící plochy beranu se mažou tukem. Osoby k tomu určené provádí periodické prohlídky celého zařízení, kontrolu pojistných zařízení a funkcí, menší opravy jednotlivých mechanismů, doplňování oleje a mazacího tuku do mazacích systémů a pravidelné čištění stroje.

Operátor také kontroluje kvalitu a variabilitu (shodné/neshodné) výrobků. Pokud dojde k tomu, že stroj vyrábí kusy s deformacemi, musí operátor vyčistit pracovní plochu lisu. Čištění probíhá pomocí vzduchu z ventilu a kartáče.

Postupnými kroky se zavádějí inovativní prvky v rámci automatizace procesu a údržby vedoucí k vylepšení výrobního procesu s cílem autonomního pracoviště. Mezi další kroky k naplnění tohoto cíle navrhuji následující opatření. Stejně tak jako na karuselovém pneumatickém stroji, může dojít k inovaci v podobě spojení dvou oddělených pracovišť lisování a stříhání v jednu výrobní linku. V rámci čištění lisu by se mohl zavést automatický odfuk, který by zajišťoval čistotu lisu a bránil by vzniku dalších špatných kusů. Pro urychlení výroby by mohlo dojít k zavedení robotické ruky k plnění plechů, která by nahradila roli operátorů. Díky tomu by se zajistil nepřetržitý chod výroby bez přestávek. Robotická ruka by měla být opatřena kamerovým systémem pro snímání



dopravního pásu a plechu, mohla by zároveň vyhodnocovat některé vady výrobního procesu, na základě kterých by mohla upozorňovat obsluhu. Další úrovní inovace by mohla být implementace robotického ramene, které by po obdržení informace naplněné plechy přemísťoval na dopravní pás a následně nový prázdný plech by umístil do prostoru pracoviště. Naplněné plechy na pásu jsou přemístěny k další výrobní operaci. Těmito kroky by se vytvořilo propojené a autonomní pracoviště na úrovni Industry 4.0.

#### 3.4.4 Hydraulický vstřikovací stroj

Jedná se o hydraulické vstřikovací stroje, jejichž výhodou je jejich univerzálnost. Je možné je využít v provozech se všemi známými technologiemi vstřikování. Další výhodou je jejich kompatibilita s možností individuálních úprav a je možné k nim bezproblémově připojit různá periferní zařízení. Přístroje mají také svůj podíl v přínosech v ekonomické oblasti. Je to hlavně úspora elektrické energie pro sušení granulátu a možnost snadnější automatizace výroby.[18] Pomocí procesu vstřikování a lisování se vyrábí plastové díly. Při tomto výrobním procesu je potřeba regulovat a hlídat potřebné parametry. To se děje za pomoci počítače a vbudovaným výrobním programem. Vše je propojeno s robotem.

Tento stroj se ovšem od těch ostatních liší nejenom typem vyráběných výrobků a jejich počtem nebo automatickou výrobou, ale i stavbou stroje, jeho obsluhou, počtem pracovníků a pracovním prostorem. Stroj se skládá ze sušicí jednotky a dopravníku materiálu, jejichž úkolem je zpracování plastového materiálu. Materiálem je plastový granulát, který má tvar kuliček. Z dopravníku se kuličky následně dostávají do násypky, kterou můžeme vidět na obr. 5, a kde se postupně hromadí. Granulát se postupně dostává do hrdla násypky, kde je vyšší teplota. Množství granulátu v násypce je korigováno pomocí zabudovaného čidla. Výška snímače se dá libovolně nastavit, a tak se hlídá zaplněnost násypky. V dalším prostoru stroje se nachází vstřikovací jednotka, kde se teplota postupně zvyšuje a z materiálu se stává tekutá fáze. Ve vstřikovací jednotce se nachází šnek, který je polohově regulovatelný, a díky němu dochází ke vstříknutí materiálu do formy. Forma se skládá z pohyblivé a nepohyblivé části. Pohyblivá část vykonává translační pohyb. Díky tomu, že se tyto dvě části spojí do jednoho celku, dojde ke vstříknutí tekutého materiálu. Pro řízení teploty materiálu je forma propojená s temperační jednotkou. Tímto procesem vznikají plastové díly, které jsou z formy odbírány robotickým kloubovým ramenem. Tím se výrobky dopraví do krabic, do kterých se postupně skládají kusy. Krabice jsou umístěny na dopravním pásu a jejich počet je omezen na pět krabic. Odtud končí práce robota a přebírá ji operátor.



Obr. 5: Hydraulický vstřikovací stroj bez kloubového ramene a periferních zařízení [19]

Díky tomu, že je stroj kompatibilní, dochází k využití této vlastnosti připojením periferních přístrojů. Výhodou je jednoduchá obsluha, efektivní integrace procesu a vyšší hospodárnost. Mezi tyto přístroje patří sušící jednotka, která slouží pro sušení materiálu (granulátu). Suší se kvůli možné absorpci vzdušné vlhkosti materiálu. Došlo by k ovlivnění vlastností polymeru a způsobení jeho degradace.[18] Součástí těchto zařízení je také temperační jednotka, která zajišťuje správnou teplotu formy. Tyto jednotky se rozlišují dle teploty, na které je potřeba formu udržovat. Forma se dá buď, vyhřívat nebo chladit. Tento systém dále musí zajistit rovnoměrné chladnutí plastu kvůli odlišným vlastnostem při smršťování materiálu.

Tato zmiňovaná periferní zařízení jsou propojená s výrobním strojem pomocí počítače a výrobního řídicího systému. Dochází tak centrálně ke komunikaci mezi přístroji a tím je výrobní proces snadno říditelný, regulovatelný a umožňuje jednodušší ovládání složitějších procesů vstřikování. Tento systém je navržen tak, aby bylo aplikovatelné programování a řízení používaných technologií. Z toho vyplývá, že se jedná o jednotný komunikační systém. Obsluha ovládá jeden typ zařízení a díky tomu vznikají i menší náklady na školení. Hlavním přínosem systému v automatizované výrobě je zvýšení stability procesu a reprodukovatelnost dosažené tím, že se zajišťuje přesná regulace parametrů jako je teplota, tlak a rychlost. Počítač je jednoduše ovladatelný, intuitivní, má dotykový systém ovládání a má přehledný přístup k datům pro nastavování parametrů. Parametry lze zadat pomocí tabulek či grafickým zobrazením nebo lze využít funkce automatického výpočtu. Možnost předem nadefinovat základní procesy, v závislosti na vybavenosti stroje, umožňuje rychlé přizpůsobení výrobním požadavkům. Počítač dokáže také monitorovat stav údržby stroje a všechna hlášení, včetně chyb během výrobního procesu, jsou snadno obsluhou dohledatelná. Lze také vygenerovat přehledný plán údržby pro kompletní výrobní pracoviště. Monitorují se lhůty vypršení a automaticky se upozorňuje na údržbové práce. Tento přehledný systém ukládání slouží jako doklad o provedení činností a je použitelný pro kontroly při auditech a certifikace. Bezpečnost počítačového systému je opatřena přístupovými právy. Tím je zadávání dat

omezeno, ale všechny změny jsou zaprotokolovány a vše je spojeno s konkrétním uživatelem.[20]

Při výrobním procesu je důležitá přítomnost operátora, i když je tento výrobní proces automatizovaný. Na každou směnu je potřeba většinou jeden operátor. Operátor má za úkol vykonávat věci, které robot nedokáže zatím splnit. Hlavní povinností je spuštění a vypnutí robota pomocí řídicího programu počítače. Dále má na starosti nastavení programu, podle kterého stroj jede výrobu. Než se spustí výrobní proces, operátor připraví materiál na sušení v sušící jednotce. Výrobky se zatím operátorem skládají do požadovaného balení. Je to hlavně způsobeno špatným natvarováním plastových malých palet, do kterých robot není schopen výrobky skládat. Nicméně, tento problém se řeší výrobou a natvarováním nových malých palet, do kterých bude rameno schopno rovnou skládat. Podle toho, jak je výroba stabilní a dle nastavení systému kontroly kvality, operátor měří charakteristické znaky výrobku. Většinou se kontrolují rozměrové parametry, hmotnost a vzhledová kontrola. Operátor, kromě skládání a měření, sleduje plynulý chod výroby, stroje a celkově kontroluje, aby nenastala chyba v počítačovém systému a nedošlo k zastavení výroby.

V porovnání s popisem ostatních strojů, je toto pracoviště plně automatizované. Nicméně, i když stroj vykonává celý výrobní proces, stále bude sdílet pracovní plochu s lidmi. Stroj má certifikát pro bezpečnou práci v blízkosti člověka. Bezpečnost je také zvýšená tím, že operátor vůbec nemusí zasahovat do pracovního prostoru. Avšak zásah není možný kvůli podmínkám výrobního procesu, protože se pracuje při vysokých teplotách a výrobní postup to ani nevyžaduje. To je důvod, proč se využívá služeb kloubového ramene. Pracovní prostor ramene, ve kterém probíhá samotný vstřikovací proces, je viditelně ohraničen ochranným a průhledným krytem. Kombinace práce člověka s robotem je neoptimálnější i z hlediska nákladů, protože člověk je schopen pracovat po boku stroje a nemusí investovat a vymýšlet další technická východiska. Bezpečnost operátora je také důležitá z hlediska pracovního prostoru robota. Firma musí, pro takový typ stroje, zařídit rozměrově větší prostor, na rozdíl od ostatních popisovaných strojů, a vymezit pracovní prostor ramene. Jedná se o prostor, kam je rameno schopné dosáhnout a kde nemá nikdo v běžném provozu přístup. Robot je naprogramovaný tak, aby se rameno pohybovalo s ohledem na bezpečnost lidí a nedošlo k úrazu. Zároveň jsou tomu přizpůsobeny říditelné parametry robota, jako je rychlost. Mezi bezpečnostní prvky patří také snímače. Jsou součástí dopravního pásu, na kterém jsou položeny krabice, do kterých rameno skládá vyrobené plastové díly. Po naplnění se krabice dopravním pásem posouvají dál a uvolní místo pro další. Snímače jsou namontovány na konci dopravního pásu a jejich účelem je hlídat počet krabic na dopravním pásu, jejichž maximum je pět kusů. V praxi to znamená, že snímače zareagují a vše se zastaví, je-li na pásu maximální počet krabic. Díky tomu je také zajištěna bezpečnost operátora a zamezí se tím i poškození výrobků. Aby nedošlo k zastavení výroby, operátoři si během procesu krabice berou a výrobky skládají do požadovaného balení.

V průběhu výrobního procesu je důležité kontrolovat kvalitu výrobků, popřípadě sledovat závady a pracovat na způsobech odstranění. V dnešní době kvalita obzvlášť

nabývá na významu kvůli možné konkurenceschopnosti firmy a zaručení výroby dobrých kusů pro zákazníka. Aby se kvalita dala kontrolovat a dalo se předcházet vzniku závad, je třeba mít na paměti okolnosti průběhu výroby a podněty, které mohou proces ovlivnit. Mezi tyto podněty patří materiál, konstrukce výstřiku, forma, vstřikovací stroj a technologické parametry. To znamená, aby kontrola byla efektivní, tak tyto podněty musí odpovídat příslušným požadavkům. Díky automatizaci se dají některé parametry podnětů hlídat a upravit pomocí počítače jako například výstřik nebo forma. Lidský faktor má vliv na výběr a přípravu materiálu do sušící jednotky, nastavení výrobního programu popřípadě výběr a nastavení formy. Stroj si vše následně zpracuje dle nastavení sám.

Ve firmě se zaměřují na kontrolu a měření technologických parametrů. Pro zajištění technicky stabilního procesu výroby a dosažení cílů minimalizovat výskyt vad, firma využívá statistický program SPC. Jedná se o statistickou procesní kontrolu, která slouží k podchycení všech technologických parametrů. Díky tomu se dá regulovat výroba z hlediska úpravy různých parametrů vstupujících do výroby jako je tlak, teplota nebo rychlost a další. Povrchové a tvarové vady se hodnotí kontrolou vizuální. Všechny kontroly a měření provádí operátor výroby předem schválenými měřicími přístroji. Je to jeden z dalších lidských faktorů a nemusí se tím zajistit opakovatelnost měření. Mezi další faktory ovlivňující rozměrové parametry výrobku jsou podmínky prostředí, tedy teplota okolí. Pro vizuální kontrolu slouží vzorníky vad.

K zajištění opakovatelnosti a přesnosti měření je možnost zavést automatizaci kontroly kvality. Nicméně, taková rozhodnutí se dělají na základě vstupních parametrů a podnětů. Především záleží na systému výrobního procesu, účelu a typu výrobku a tím spojená stabilita výrobního procesu. Pokud není stabilní proces a firma nastaví častější měření kusů, pak má smysl zavádět automatizované prvky. Dále do toho vstupuje rychlost, množství výchozích bodů měření a ekonomické hledisko firmy. Také se tím prodražuje výroba a tím i samotný výrobek, pokud zákazník požaduje totální kvalitu kvůli účelům výrobku. V tomto případě zákazník většinou musí počítat s tím, že si za takovou službu připlatí. Jde také o to, jaký typ měřidla by nejlépe tuto problematiku vyřešil. V případě vstřikovacího stroje se většinou kontrolují výrobky v průběhu výrobního procesu za pomoci kamery. Na každé měření a měřidlo se provádí MSA<sup>2</sup>. Používá se pro posouzení celého systému měření a samotného měřidla. Dále se tím posuzuje způsobilost kalibrovaného měřidla a tím i opakovatelnost a reprodukovatelnost měření. Tato analýza je dalším faktorem ovlivňující zavádění automatizovaného měření parametrů. Pokud je měřidlo způsobilé, jedná se o levnější a rychlejší variantu měření, není potřeba zavádět automatizaci měření.

Díky možnostem těchto již existujících technologií, navrhuji inovaci v podobě implementace kamerového vyhodnocovacího systému, který by spojil výrobní proces a měřicí systém a vytvořil autonomní a samoregulační pracoviště. V tomto konkrétním případě, by kloubové rameno před uložením hotového vylisku do krabice, ukázalo kus

---

<sup>2</sup> Jedná se o analýzu systému měření, která posuzuje a vyhodnocuje nastavený systém měření.

na tzv. smart kameru, ta by provedla měření a následně by došlo k vyhodnocení, zda se jedná o neshodný kus či nikoliv.[21] Tím by kloubový manipulátor dostal informaci, kam skládat shodné a neshodné kusy. Zároveň by systém hydraulického vstřikovacího lisu provedl regulaci vstupních parametrů tak, aby další vyrobené kusy byly shodné. Další inovací by mohl být mobilní robotický systém, který by dostal informaci o plné krabici.[22] Na základě této informace by danou krabici dle dílu uskladnil na předem určené místo a zároveň by provedl zadání údajů o naskladnění do skladovacího systému. V tomto případě by došlo k nahrazení operátora, který tuto operaci musí nyní vykonávat. Těmito kroky by se vytvořilo propojené a autonomní pracoviště na úrovni Industry 4.0 s využitím autonomního robota a pokročilejší komunikace.

### 3.5 Důvody zavádění a dopady automatizace

Zavádění automatizace se stává v současné době nevyhnutelným procesem, už hlavně kvůli zvýšení konkurenceschopnosti firmy na domácí půdě i ve světě. V ideálním případě by teoreticky mohlo dojít k úplnému vyřazení člověka z výroby, nicméně toto je v praxi zatím neuskutečnitelné. Začíná se prosazovat úzká spolupráce stroje a člověka. Při obsluhování stroje dochází ke snížení počtu lidí a zároveň to směřuje k zavedení vyšších bezpečnostních prvků stroje a tak zvýšení bezpečnosti operátorů. Díky této spolupráci se zvyšuje produktivita a efektivita práce, zvládnutí komplikovaných výrobních procesů (např. výroba komplikovaných tvarů apod.).[14] Jeden z hlavních cílů je také zrychlení výrobního procesu a tím i k cílenému zkrácení výrobního času. V současnosti se také zvyšují požadavky zákazníků, což vyžaduje vyšší přesnost a kvalitu výrobků. Díky této robotizaci dochází k využití i v oblasti kontroly kvality, dohledu a inspekci.[14] Z ekonomického hlediska se snižují i náklady.



## 4 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce je poukázat na příkladech automatizovaných strojů vybraného strojírenského výrobního procesu význam automatizace pro inovaci výrobních strojů. Na konkrétním výrobním procesu a strojích se popisuje současný průběh výroby. Vzniká seznam příkladů, pomocí nichž se zdůrazňuje vliv automatizace na inovaci výrobního procesu a poukazuje se na dosažení různých přínosů ve výrobě. V rámci průběhu neustálého zlepšování procesu se navrhuje další postupy směřující ke vzniku autonomního pracoviště a k začleňování firmy do konceptu Industry 4.0. Pro dosažení zmíněných cílů jsem si zvolila konkrétní výrobní firmu, kterou jsem použila jako podklad pro zpracování případové studie bakalářské práce.

Pro vytvoření analýzy vlivu automatizace a inovace na výrobní proces poslouží proces lisování konkrétní výrobní firmy, ze kterého byly vybrány specifické lisovací stroje s prvky automatizace. Ty jsou v rámci bakalářské práce detailně popisovány a členěny vzestupně dle úrovně automatizace. Díky členění výrobních strojů se automatizované prvky vyšší úrovně každého nadcházejícího stroje stávají inovací předchozího. Čtenář se dozví například o konstrukci strojů, jejich funkčnostech, použité technologii, údržbě a v neposlední řadě, k čemu stroje slouží v průběhu výrobního procesu. Během analýzy jsou brány v potaz i další témata jako je například bezpečnost, kvalita, měření a ukazatele výrobního procesu. Hlavní částí každého popisu je vyzdvihnutí automatizovaných funkcí, které přispívají k zlepšování výrobního procesu.

Jelikož se zvyšuje rychlost vývoje, nároky na výrobu a úroveň konkurenceschopnosti na trhu, zavádějí se různé automatizované prvky a inovativní kroky, které mají pomoci zvýšit přesnost, rychlost a plynulý chod výroby. Z tohoto důvodu jsem v rámci neustálého zlepšování navrhla automatizované části, které by se staly součástí stávajících strojů. Tyto návrhy směřují k proniknutí a zavedení Industry 4.0 ve výrobní firmě. Většinou se jedná o inovace, díky kterým vznikají autonomní výrobní buňky komunikující mezi sebou na základě přístupu k datům. Zároveň mají také za cíl vyloučit lidský faktor při výrobě, ale hlavně vznikají s ohledem na účelovost pro daný typ výrobního procesu.

Jsmě svědky toho, že otázka přínosu automatizace, robotizace a s tím spojený koncept Industry 4.0 nabývá na intenzitě a v současné době se z otázky stává spíše už odpověď. Z toho vyplývá, že je potřeba se touto problematikou zabývat a věnovat jí dostatečnou pozornost. Je to taky jeden z důvodů, proč jsem si vybrala toto téma bakalářské práce. Mezi další důvody patří i zájem o to, jak se automatizace promítá postupně do praxe, jaké to má přínosy a výhody, ale i nevýhody například v podobě vysokých počátečních investic. Pohled z mnoha úhlů na tuto problematiku mi pomohl si uvědomit, jaké parametry je třeba zvažovat, jakým způsobem přemýšlet a navrhovat řešení. Jsem ráda, že vybrané téma bakalářské práce mi umožnilo se podrobněji seznámit s aktuální problematikou Industry 4.0 a s problematikou modernizace výroby prostřednictvím automatizace.





## 5 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] JÁČ, Ivan a kol. *Inovace v malém a středním podnikání*. Brno: Computer Press, 2005. ISBN 80-251-0853-8.
- [2] BALÁTEĚ, Jaroslav. *Automatické řízení*. Praha: BEN, 2003. ISBN 80-7300-020-2.
- [3] VACEK, Jiří. Průmysl 4.0 a společenskovední výzkum. *Trendy v podnikání* [online]. 2016, 6(2), 29-38 [cit. 2018-02-25]. ISSN 1805-0603. Dostupné z: <https://www.dfek.zcu.cz/tvp/doc/akt/2-2016-clanek-4.pdf>
- [4] MAŘÍK, Vladimír a kol. *Průmysl 4.0: Výzva pro Českou republiku*. Praha: Management Press, 2016. ISBN 978-80-7261-440-0.
- [5] *Industry 4.0: Networked production in the digital factory offers a competitive edge*. Firemní literatura ARBURG, 2016.
- [6] SCHWAB, Klaus. The Fourth Industrial Revolution. *Logistics & Transport Focus* [online]. 2017, 19(2), 40-41 [cit. 2018-04-01]. ISSN 1466-836X. Dostupné z: <http://web.b.ebscohost.com.ezproxy.lib.vutbr.cz/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=c5f8bc7-e0a5-4bdf-a986-6a55a83b26ab%40sessionmgr101>
- [7] SCHÄFER, Oliver. The digital factory. *The ARBURG magazine Today*. Firemní literatura ARBURG, 2015.
- [8] LACKO, Branislav. Robotizace výroby ve světle současných trendů a potřeb. *Automatika*. 2016, 1(1), 6-8. ISSN 2464-7179.
- [9] LACKO, Branislav. Jak realizovat digitální továrnu?. *IT Systems* [online]. 2017, 19(4), 10-11 [cit. 2018-03-03]. ISSN 1802-615X. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/jak-realizovat-digitalni-tovarnu.htm>
- [10] HOMOLA, Jan. Kooperativní roboty - velký přehled trhu. *Automatika*. 2017, 2(1), 8-12. ISSN 2464-7179.
- [11] Airborne drones. *Airborne drones* [online]. 2017 [cit. 2018-04-01]. Dostupné z: <https://www.airbornedrones.co/delivery-and-transport/#contact>
- [12] ŠVARC, Ivan, Miloš ŠEDA a Miluše VÍTEČKOVÁ. *Automatické řízení*. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, s.r.o. Brno, 2007. ISBN 978-80-214-3491-2.
- [13] PRNKA, Tasilo a kol. *Inovace v Evropské unii: Evropská unie a inovace* [online]. Vyd. 2. Ostrava: Repronis Ostrava, 2003 [cit. 2018-05-17]. ISBN 80-7329-042-1. Dostupné z: <http://www.techprofil.cz/pdf/brozury/inovace4.pdf>
- [14] Karlovarská agentura rozvoje podnikání. *Inovační teorie* [online]. 2018 [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: [http://www.karp-kv.cz/cz/Documents/INP\\_teorie.pdf](http://www.karp-kv.cz/cz/Documents/INP_teorie.pdf)
- [15] JAROÚŠEK, Luboš. Pneumatický lis APK 4L. *Místní provozní bezpečnostní předpis*. Firemní literatura, Mäder Pressen GmbH, 2014.
- [16] JAROÚŠEK, Luboš. Pneumatický karuselový lis BTM P-5H N/A. *Místní provozní bezpečnostní předpis*. Firemní literatura, Lindholm & Stribo, 2014.
- [17] JAROÚŠEK, Luboš. Excentrický lis SMV FPF2. *Místní provozní bezpečnostní předpis*. Firemní literatura, Powl Möllers Maskinfabrik, 2014.
- [18] Arburg spol. s.r.o. *Malý průvodce vstřikováním*. Brno: Firemní literatura, Arburg.
- [19] *Návod k obsluze pro stroj č. 229397*. Firemní literatura ARBURG, 2014.
- [20] *SELOGICA control system: Comprehensive management for injection moulding technology*. Firemní literatura ARBURG, 2013.

- [21] FCC průmyslové systémy. Robot, strojové vidění a automatizace kontroly kvality. *Automa*. 2011, **17**(7), 16-17. ISSN 1210-9592.
- [22] KUKA Roboter CEE GmbH. Mobilní robotické systémy otevírají nové perspektivy v řešení výroby. *Automa*. 2018, **24**(4), 30-32. ISSN 1210-9592.

## **6 SEZNAM ZKRATEK**

AR (Augmented Reality) – Rozšířená realita

3D (Three-dimensional) - Trojrozměrný

IoT (Internet of Things) – Internet věcí

IT (Information Technology) – Informační technologie

MSA (Measurement System Analysis) – Analýza systému měření

OECD (The Organisation for Economic Co-operation and Development) –

Organizace pro ekonomickou spolupráci a vývoj

SPC (Statistical Process Control) – Statistická regulace procesu